

# SENSOPÍLDORA CHICLES ORBIT: USO DE SENSORES PARA PROMOVER PRÁCTICAS CIENTÍFICAS DE INDAGACIÓN CON MODELOS

M<sup>a</sup> Rut Jiménez Liso, Miguel Romero Gutiérrez, María Martínez Chico,  
Ana Amat González, Esteban Salmerón Sánchez  
*Universidad de Almería*

**RESUMEN:** Presentamos una secuencia de actividades para la formación permanente de docentes sobre el uso de sensores en el aula con la reflexión sobre cómo usarlos para promover prácticas científicas de indagación basada en modelos. La secuencia elegida utiliza los ácido-base como contexto, en concreto la variación del pH de la boca al masticar chicles Orbit. Esta secuencia diseñada para estudiantes de 16 años, ha sido vivenciada por docentes en activo en varios cursos de formación docente del proyecto Sensociencia destacándose la facilidad de los docentes para plantear nuevos contextos y sus dificultades para utilizar modelos que sean explicativos o predictivos con su alumnado.

**PALABRAS CLAVE:** sensores, píldoras de aprendizaje, indagación, modelos, formación permanente profesorado.

**OBJETIVO:** El objetivo de este trabajo es presentar una secuencia de actividades de indagación-modelos contextualizada en un anuncio publicitario sobre chicles y pH de la boca. Esta secuencia testada con alumnado de 16 años, ha sido implementada como propuesta de formación inicial de docentes en activo para reflexionar sobre el uso de TIC, el enfoque de enseñanza vivido (indagación-modelos) y la potencialidad con su alumnado.

## DEMANDAS FORMATIVAS DEL PROFESORADO EN FORMACIÓN PERMANENTE

Desde nuestra experiencia, podemos afirmar que muchos docentes en activo se acercan a los cursos de formación permanente atraídos por determinadas herramientas tecnológicas que desean incorporar en sus aulas, bien por afinidad propia ante las tecnologías o bien por la afinidad que presuponen en sus estudiantes que mejorará su motivación hacia las ciencias. Esto lo hemos podido confirmar cuando los docentes en activo, que han participado en cursos de formación del proyecto Sensociencia, señalan que la finalidad más importante de introducir prácticas en sus clases de Primaria o Secundaria es la motivación (62%, N=100), seguida de mostrar fenómenos siendo la menos importante la relación con los modelos teóricos (sólo el 10% la consideran como muy importante), que suponemos ya desarrollan en las clases de teoría. También cuando preguntamos a docentes en activo sobre las demandas de formación para “enseñar bien ciencias” la mayoría reclamaban cuestiones muy generales (*Enseñar diferentes técnicas para captar la atención en los alumnos, motivarlos y hacerles participar*) o recursos o materiales

didácticos concediéndole prioridad a que fueran experimentos **vividos** durante la formación (*que vivan y aprendan... a hacer experimentos... a plantear actividades experimentales y manipulativas...*

Ante la avalancha de documentos e instrucciones para el uso de sensores que pueden encontrar en internet y redes sociales, los docentes prefieren una formación “práctica”, que les haga *vivir* las actividades concretas que pueden desarrollar con sus estudiantes. Esto supuso un desafío para nosotros pues no sólo debíamos diseñar secuencias de actividades apropiadas para la formación permanente del profesorado sino que además fuera útil y adaptable a sus estudiantes. Gracias a esto diseñamos secuencias implementadas y evaluadas con alumnado de Primaria y de Secundaria cuyos datos de efectividad y utilidad servirán sirvan además de pruebas (Harrison, Hofstein, Eylon, & Simon, 2008) and the Weizmann Institute, Israel. project is on investigating the ways in which teachers can demonstrate accomplished teaching in a specific domain of science and on the teacher learning that is generated through continuing professional development programs (CPD para los docentes en formación.

En los cursos de formación docente, desarrollados en los proyectos SensoCiencia y Solbes, pudimos observar que los docentes mostraban su insatisfacción por los materiales disponibles en internet. Analizamos que la mayoría de las propuestas disponibles son tipo receta, que generan cacharreo y que ni suponen un reto para los estudiantes ni el análisis de los resultados permite una conexión con la “teoría” o con favorecer las prácticas científicas (indagación, modelización o argumentación).

## INSATISFACCIÓN DOCENTE CON DOCUMENTOS DE USO DE SENSORES

Si atendemos a las ventajas del uso de sensores en el aula (Torres-Climent, 2010), al analizar algunas propuestas disponibles en la red para el sensor de pH, observamos que la ventaja del uso de sensores como la inmediata comprobación de los resultados queda empobrecida por mediciones “estáticas” (figura 1) en las que fácilmente podrían utilizarse papel pH universal o, incluso, un indicador casero de lombarda en vez de herramientas sofisticadas como los sensores.

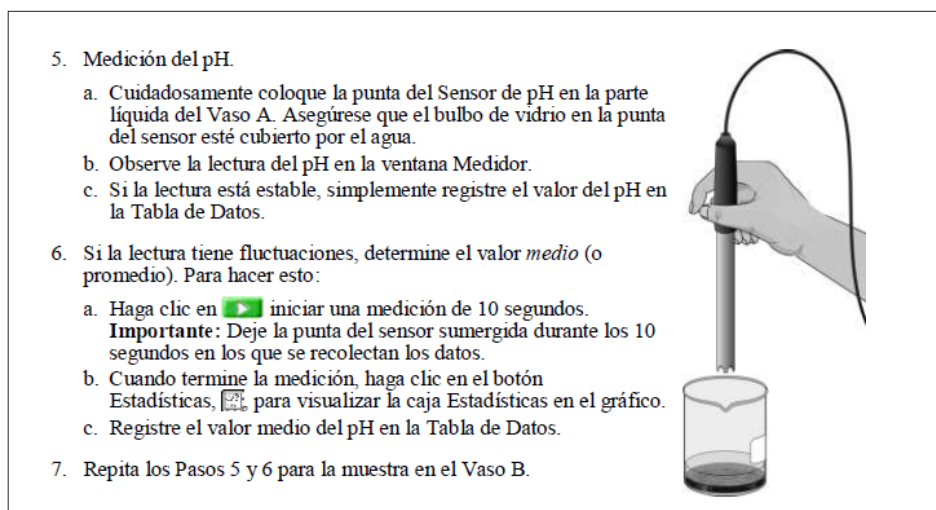


Fig. 1. Documento sensor pH (<https://studylib.es/doc/204199/21-suelo-y-su-pH-experimento>).

Desde nuestra experiencia, la principal utilidad del uso de los sensores es la facilidad en la toma de datos y representación gráfica inmediata y esto se convierte en imprescindible en procesos dinámicos. En el caso del pH, el único proceso dinámico encontrado en los documentos analizados hace referencia

a las valoraciones ácido-base, que con indicador sólo se manifiesta el “salto”, mientras que con sensor de pH se observa todo el proceso. Esta obtención dinámica de datos reales (representados inmediatamente) aproxima al alumnado a la manera en que se produce el conocimiento científico y le dota de credibilidad.

Uno de los aspectos menos tratados en la educación científica es qué hacer cuando los resultados no son los previstos por la “teoría”. Muchos docentes se resisten a realizar experimentos en el aula por miedo a que las cosas no salgan “como tienen que salir”. Sin embargo, es precisamente en esa situación cuando alumnado y profesorado pueden realizar un procesamiento más profundo de la información disponible y cuando se producen los mayores avances en la maduración del conocimiento.

En el aula se pueden realizar experimentos para provocar precisamente esa situación y sacarle provecho como herramienta para que el alumnado formulen preguntas y tanteen las posibles razones del supuesto “fracaso”.

## SENSOPÍLDORA CHICLES ORBIT Y PH DE LA BOCA: INDAGACIÓN BASADA EN MODELOS

La secuencia de actividades que presentamos consta de ocho actividades con una duración de dos horas para estudiantes de Secundaria y Bachillerato, aunque también se puede adaptar al último ciclo de Primaria. Esta secuencia está basada en una experiencia previa con estudiantes de 2º ESO (Jiménez-Liso, López-Gay, & Márquez, 2010) y ha sido implementada con alumnado de secundaria (16 años), y “vívida” por docentes en varios cursos de formación permanente con la posterior discusión sobre su efectividad.

El enfoque de enseñanza se enmarca en la práctica científica de indagación basada en modelos (IBM) donde una pregunta que “engancha”, guía toda la secuencia, permite la emisión de hipótesis, el diseño experimental autónomo, la búsqueda de pruebas que las confirmen o rechacen. En este proceso el uso de sensores no solo dota de realidad al proceso sino que, gracias a su dinamismo, permite comprobar inmediatamente varias opciones y “jugar” con la reversibilidad de los procesos ácido-base.

Por tanto, combinaremos materiales con el uso de indicadores y ácido-bases caseros (lombarda cocida y vinagre, bicarbonato y o sosa, agua) con la necesidad de un sensor de pH conectado a un dispositivo (pc o tablet) con el software LoggerLite®.

Para que la secuencia tenga sentido, comenzamos la intervención planteando preguntas previas aclaratorias: ¿Qué es la acidez de las sustancias? ¿cómo saber si son ácidas? ¿cómo probar que son ácidas?, de sus respuestas podremos contar con diferentes instrumentos de medición. Así como tener una representación visual y explicada de la escala de pH (actividad 0).

La pregunta que guía toda la secuencia está contextualizada en un anuncio de televisión (figura 2): ¿Masticar Chicles Orbit ayuda a controlar la acidez? (actividad 1).

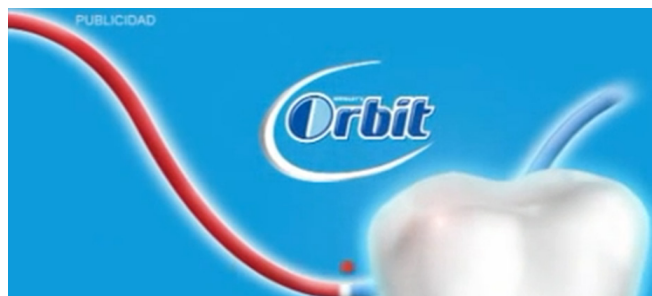


Fig. 2. pH de la boca antes y después de usar chicles Orbit (publicidad).

Este fenómeno suele ocasionar dos hipótesis, por un lado, que los bicarbonatos del chicle neutralizan y, por otro, que la saliva “lava”, diluye y, por tanto, también neutraliza. La idea de que añadiendo agua ( $\text{pH}=7$ ) estamos neutralizando es el principal objeto de contradicción de esta secuencia.

En todos los grupos (de docentes y de estudiantes) los diseños experimentales se diversifican: saliva con y sin chicle, adición de agua destilada (poca y mucha) a un ácido, adición de bicarbonato al vinagre o, incluso, algún grupo probó con sosa para ver si conseguían una gráfica similar a la de la figura 2 con el pH.

La secuencia organiza todos estos diseños según sean para comprobar si “diluyen” o “neutralizan”.

Una vez aclaradas todas las hipótesis solicitamos (actividad 2) que las representen gráficamente en el mismo programa donde luego se tomarán los datos a tiempo real (actividad 3). Es necesario detenernos en las representaciones gráficas buscando la lectura de las mismas porque tanto los docentes como los estudiantes no suelen coincidir lo que declaran con lo que representan (*¿Cuál es el pH del agua? ¿Cuál será el pH cuando añadas vinagre? ¿Sube o baja? Y si ahora le añadimos agua al vinagre, el pH ¿crees que subirá o bajará?*). Este proceso de interpretación de sus gráficas (hipótesis) es crucial para poder analizar luego los datos obtenidos con el sensor (*¿Qué le ocurre al pH si al agua le añadimos vinagre? ¿Y si volvemos a añadir agua? ¿Coincide con lo que esperabas? ¿y con la gráfica del anuncio?*, Actividad 3).

Para la neutralización (actividad 4): *¿Cómo podríamos comprobar que al masticar chicle este lleva una sustancia que neutraliza los ácidos? De nuevo con preguntas específicas: ¿Cuál es el pH del agua? ¿Cuál será el pH cuando añadas vinagre? ¿Sube o baja? Y si ahora le añadimos bicarbonato al vinagre, el pH ¿crees que subirá o bajará?*

Como la secuencia se desarrolla en grupos pequeños tenemos la opción de que unos grupos realicen estas preguntas relativas a la dilución y otros las similares relativas a la neutralización y se cuenten los resultados o bien, que todos hagan los dos procesos. Dada la inmediatez de la toma de datos y representación gráfica (figura 3) es recomendable que todos hagan las pruebas de ambos procesos para favorecer su discusión: *¿coincide con la gráfica del anuncio Orbit?, y si echamos mucho bicarbonato ¿cuál será su pH? ¿y el color de la lombarda? ¿y si añadimos sosa? ¿coincide ahora con el anuncio Orbit?*

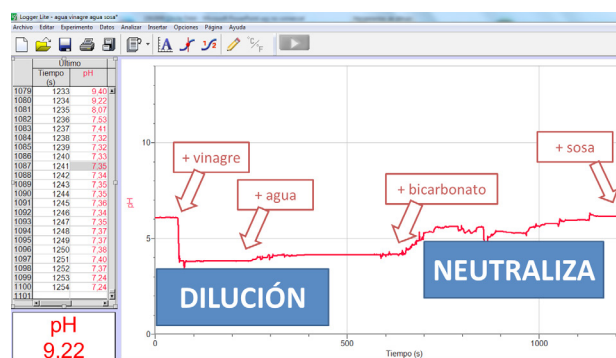


Fig. 3. Ejemplo de gráfica usando sensor pH.

Como indicamos en (Jiménez-Liso et al., 2010) *si centramos la selección de contenidos exclusivamente en el contexto y en los fenómenos cotidianos sólo estaremos aumentando el campo experiencial del alumnado, no su capacidad para explicar los fenómenos que observan o para predecir qué va a pasar en nuevas situaciones*, lo que realmente genera conocimiento es poder explicar lo que está pasando (actividad 6) de uso del modelo de Lemery (figura 4) para explicar y predecir.

Vamos a representar los ácidos como triángulos

El agua (neutra) como círculos azules

El bicarbonato (básico) como comecocos

La lombarda (neutra) como círculos morados

ÁCIDO **NEUTRALIZA** BASE

¿Puedes **AHORA** explicar...?

- Cuando en el vaso tenemos agua ¿pH?
- Cuando añadimos vinagre ¿pH?
- Cuando añadimos agua al vinagre ¿pH? **DILUCIÓN**
- Cuando **NEUTRALIZA** el bicarbonato al vinagre ¿pH?

Fig. 4. Modelo ácido-base Lemery (Jiménez-Liso *et al.*, 2010).

La capacidad explicativa y potencialidad de este modelo no se pondría a prueba si no planteamos alguna pregunta de aplicación: Cuando añadimos bicarbonato a una botella tapada con un globo (actividad 7), ¿podemos explicar por qué se infla el globo con el modelo de los “comecocos”? Al traspasar a otro fenómeno, el modelo diseñado para un fenómeno concreto requiere de modificación. Con ello contribuimos a discutir sobre la potencialidad explicativa del modelo y sus límites (Jiménez-Liso *et al.*, 2010) así como damos la oportunidad de que el comecoco o el triángulo tenga algo más que infle el globo (por ejemplo una “pajarita” que vuela cuando triángulo y comecoco se unen). Estos modelos de fenómenos concretos permitirán ampliar poco a poco su complejidad hasta alcanzar el modelo científico escolar de cambio químico y su formalización según las relaciones Lenguaje-Experiencia-Representación (Merino Rubilar & Izquierdo Aymerich, 2011).

Por último y no menos importante, tanto para los estudiantes como para el profesorado, es necesario detenernos en recapitular qué hemos aprendido, cómo lo hemos aprendido y qué hemos sentido (actividad 8). El triple objetivo es que reconozcan lo que han aprendido con el enfoque de enseñanza de indagación, con la utilidad del modelo para explicar y predecir y conectarlo con lo sentido-vivido. Esta conexión emocional será la que recuerden en el futuro y contribuirán a sus actitudes hacia futuros aprendizajes en ciencia. En este proceso se puede hablar de que lo sentido no siempre es positivo (satisfacción, confianza, seguridad, etc.) sino que también sentimos inseguridad, vergüenza, frustración, propias del aprendizaje que se produce cuando salimos de nuestra zona de confort.

## AVANCES DE RESULTADOS Y DE CONCLUSIONES

La propuesta implementada en varios cursos de formación docente fue videograbada con el permiso de los participantes, a modo de avance de resultados analizamos 30 horas de grabación en un curso con 30 docentes de Bachillerato de Química en la UNAM (Mexico). El curso tenía como objetivos *vivir* experiencias por indagación y modelos para que los docentes fueran capaces de diseñar nuevas secuencias con este enfoque de enseñanza. Por ello, comenzamos la sensopíldora anterior planteando a los docentes que diseñaran propuestas sobre ácido-base, qué pregunta inicial plantearían, qué pruebas se podrían obtener y qué modelo sería necesario para explicar el fenómeno elegido. Analizamos sus propuestas en relación a la contextualización y la conexión con un modelo para explicar y predecir.

La elección de los contextos por los docentes fue diversa y mostraba facilidad de contextualización: la búsqueda de los ácidos y bases en la vida cotidiana, cuál es el alimento más ácido que podemos

consumir o cómo funcionan los antiácidos para quitar la acidez estomacal. También plantearon contextos del cine como qué ácido expulsa Alien que sea tan corrosivo. Otro contexto muy mexicano relacionando el picor de los jalapeños, ajís, chiles (que contienen capsaicina) con su carácter ácido o qué sustancias ingerir para reducir su picor. O, por último, un contexto de Biología sobre las bacterias acidófilas, basófilas o neutrófilas presentes en la infección de garganta y cuál sería el mejor remedio para combatirla si haciendo gárgaras de bicarbonato, vinagre, limón.

La búsqueda de modelos fue más difícil pues los docentes se centraron en los modelos “académicos” de Arrhenius o Bronsted-Lowry, lejos de ser explicativos. La discusión permitió incidir en que el contexto de la ingesta de picantes contenía un modelo (Lemery) en sí mismo que facilitó la conexión con el modelo que planteamos en la secuencia descrita en este trabajo.

A modo de conclusión, podemos afirmar que es posible realizar propuestas fundamentadas de formación docente que incidan tanto en los intereses iniciales de los docentes (uso de TIC), como que produzca un cambio de pensamiento docente hacia enfoques de enseñanza por indagación y modelos más acordes con los resultados de la investigación didáctica.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EDU2015-69701-P y P11-SEJ-7355 (@Sensociencia), a los organizadores y docentes del MADEMS de la UNAM (Ciudad de México).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HARRISON, C., HOFSTEIN, A., EYLON, B. S., & SIMON, S. (2008). Evidence Based Professional Development of Science Teachers in Two Countries. *International Journal of Science Education*, 30(5), 577-591.
- JIMÉNEZ-LISO, M. R., LÓPEZ-GAY, R., & MÁRQUEZ, M. (2010). Química y cocina : del contexto a la construcción de modelos (Chemistry and cooking: from context to building models). *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 65, 33-44.
- MERINO RUBILAR, C., & IZQUIERDO AYMERICH, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educacion Química*, 22(3), 212-223.
- TORRES-CLIMENT, Á. L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 693-707.